

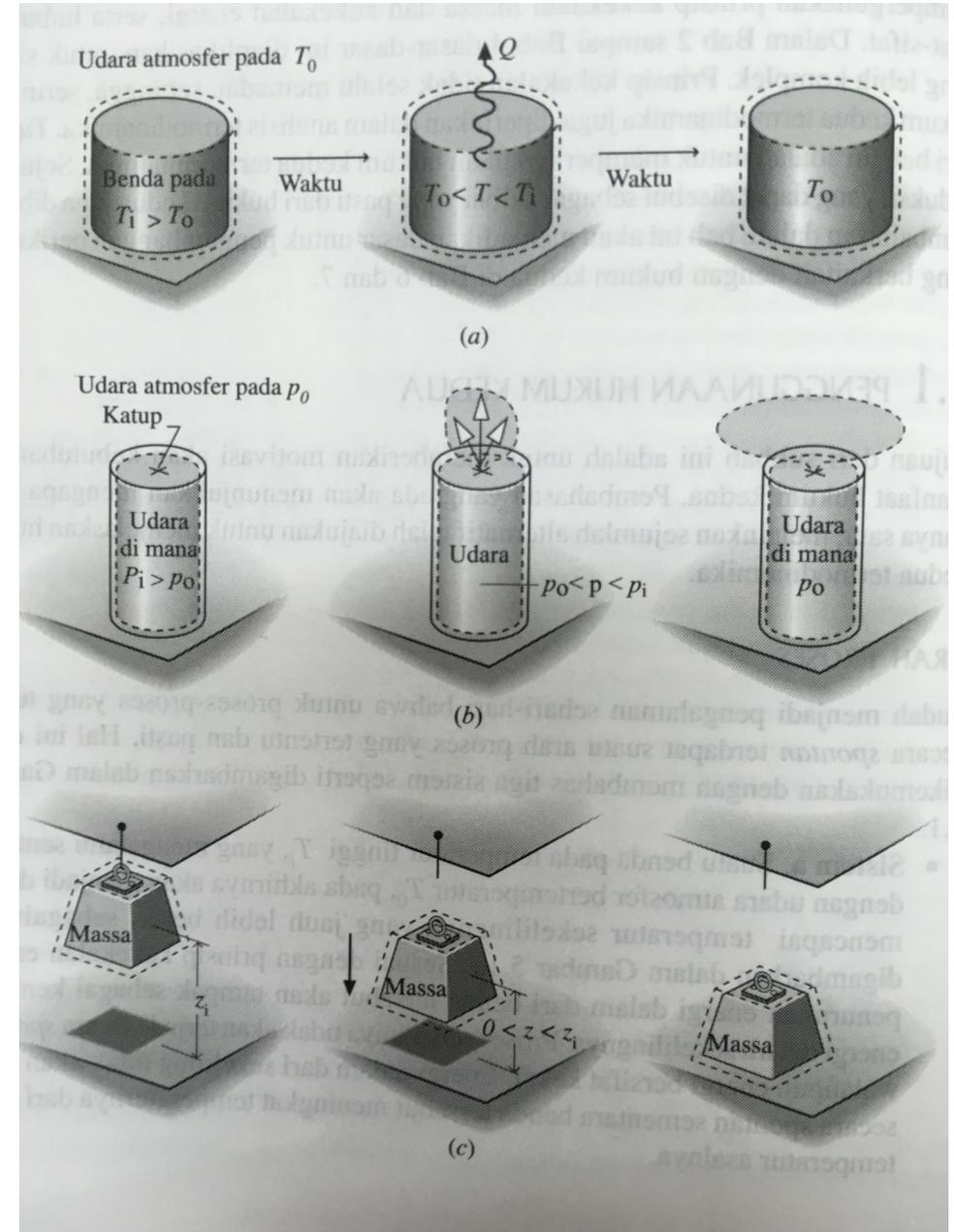
HUKUM TERMODINAMIKA II
Thermodynamics: An Engineering
Approach, 5th edition
by Yunus A. Çengel and Michael A. Boles

Hukum Termodinamika II

Sistem a. Suatu benda pada temperatur tinggi, T_1 yang mengalami sentuhan dengan udara atmosfer bertemperatur, T_0 pada akhirnya akan menjadi dingin mencapai temperatur sekelilingnya yang jauh lebih besar.

Sistem b. Udara bertekanan tinggi p_i yang terdapat di dalam suatu tangki tertutup akan mengalir secara spontan ke sekelilingnya yang bertekanan lebih rendah, p_0 jika katup penghubungnya dibuka.

Sistem c. Suatu massa yang tergantung pada kabel di ketinggian tertentu, z_i akan jatuh bila dilepaskan. Saat mencapai dasar, maka energi potensial dari massa tersebut pada kondisi semula.



Hukum Termodinamika II

Perumusan Kelvin: Tidak ada suatu proses yang hasil akhirnya berupa pengambilan sejumlah kalor dari suatu reservoir kalor tunggal dan mengkonversi seluruh kalor menjadi usaha.

Perumusan Clausius: Tidak ada proses yang hasil akhirnya berupa pengambilan kalor dari reservoir kalor bersuhu rendah dan pembuangan kalor dalam jumlah yang sama kepada suatu reservoir yang bersuhu lebih tinggi.

Hukum Termodinamika II

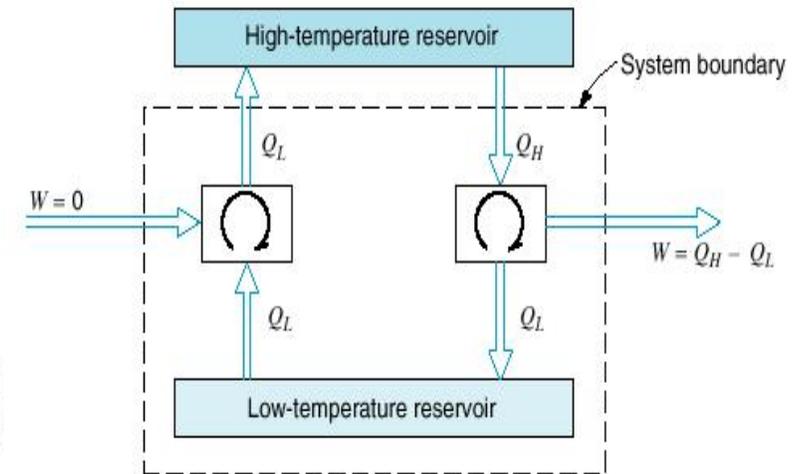
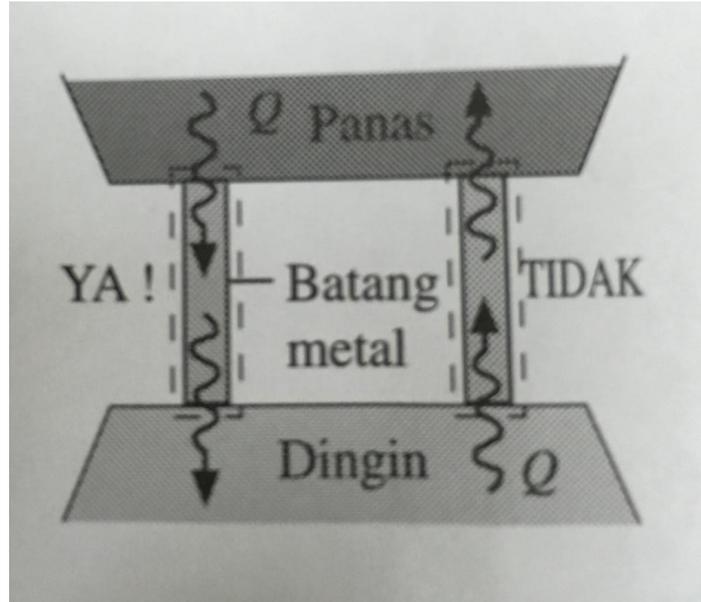
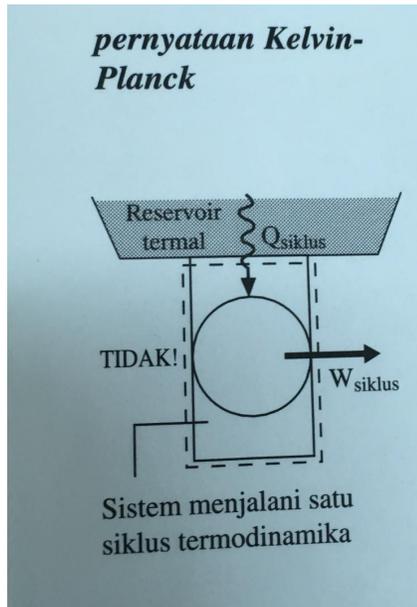


FIGURE 7.8 Demonstration of the equivalence of the two statements of the second law.

Proses Reversibel

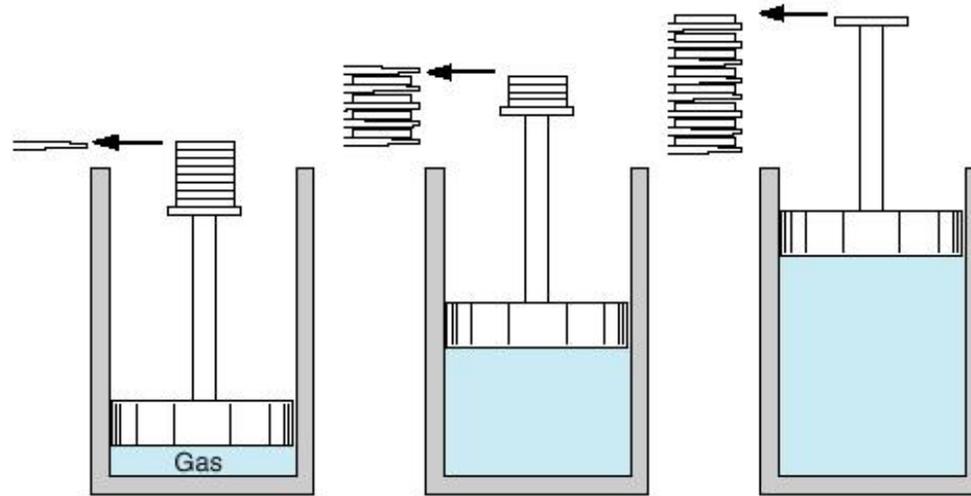


FIGURE 7.11 An example of a process that approaches being reversible.

reversibel: Suatu proses dikatakan Ireversibel jika kedua sistem maupun semua bagian sekelilingnya dapat kembali tepat kepada keadaan awalnya setelah proses berlangsung.

Proses Ireversibel

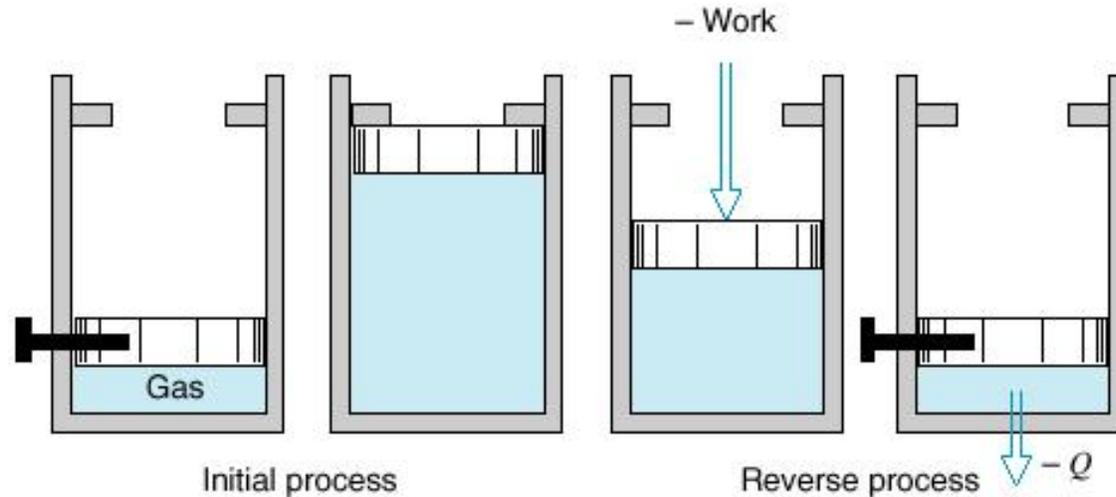


FIGURE 7.10 An example of an irreversible process.

Ireversibel: Suatu proses dikatakan Ireversibel jika sistem dan semua bagian sekelilingnya tidak dapat kembali tepat kepada keadaan awalnya setelah proses berlangsung.

SIKLUS CARNOT

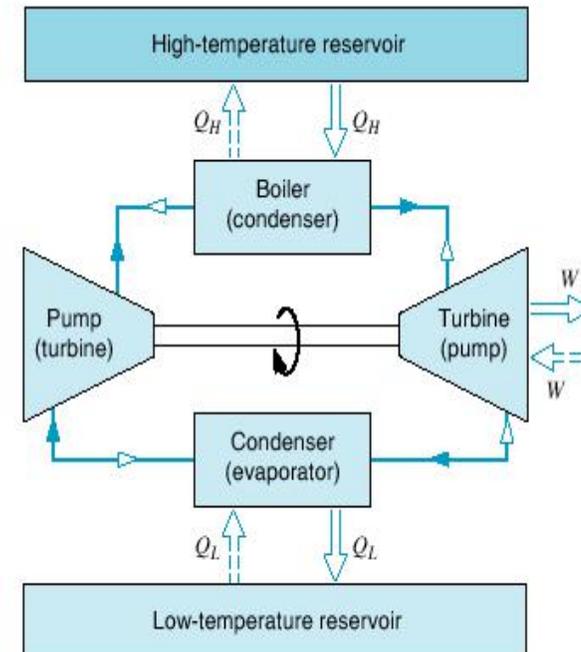
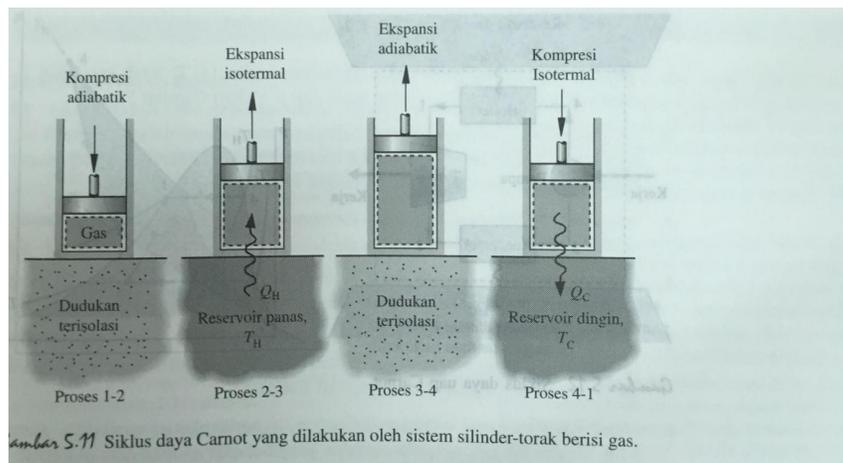
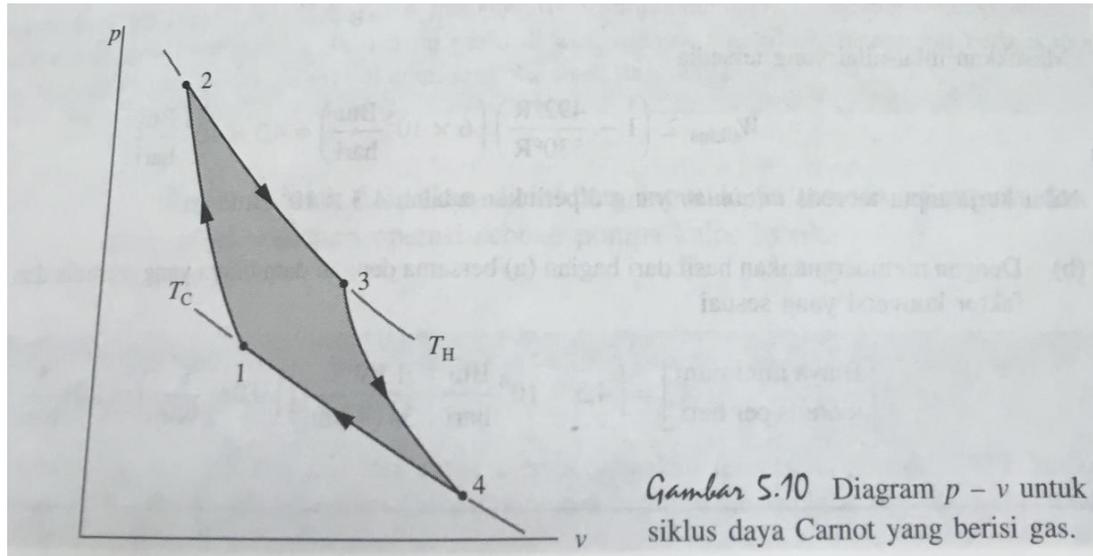


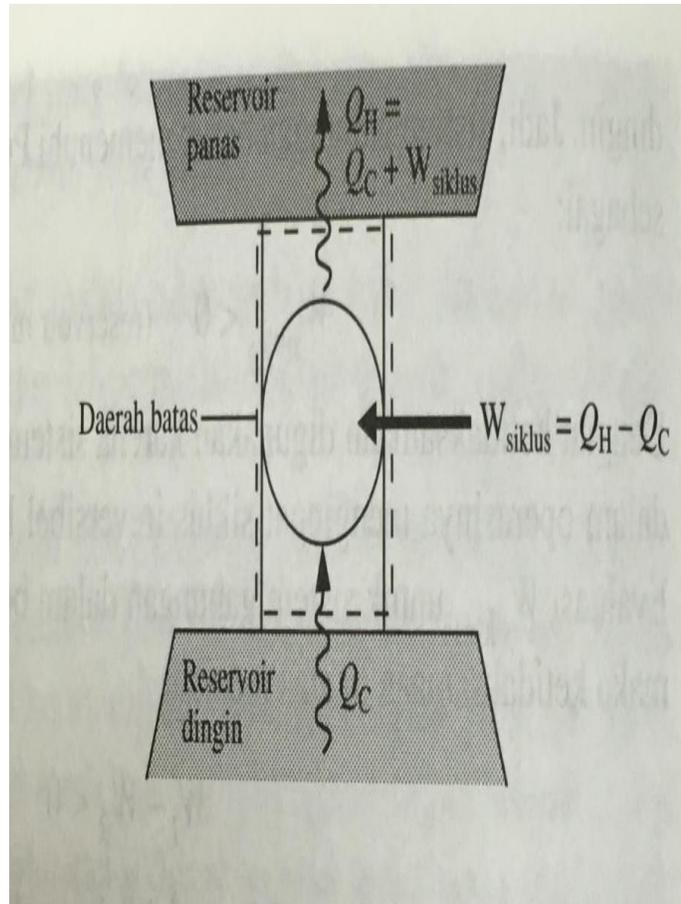
FIGURE 7.16 Example of a heat engine that operates on a Carnot cycle.

SIKLUS CARNOT

The important point to be made here is that the Carnot cycle, regardless of what the working substance may be, always has the same four basic processes. These processes are:

1. A reversible isothermal process in which heat is transferred to or from the high-temperature reservoir.
2. A reversible adiabatic process in which the temperature of the working fluid decreases from the high temperature to the low temperature.
3. A reversible isothermal process in which heat is transferred to or from the low-temperature reservoir.
4. A reversible adiabatic process in which the temperature of the working fluid increases from the low temperature to the high temperature.

INTERAKSI SIKLUS DAYA DENGAN DUA RESERVOIR



$$\eta = \frac{W_{siklus}}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

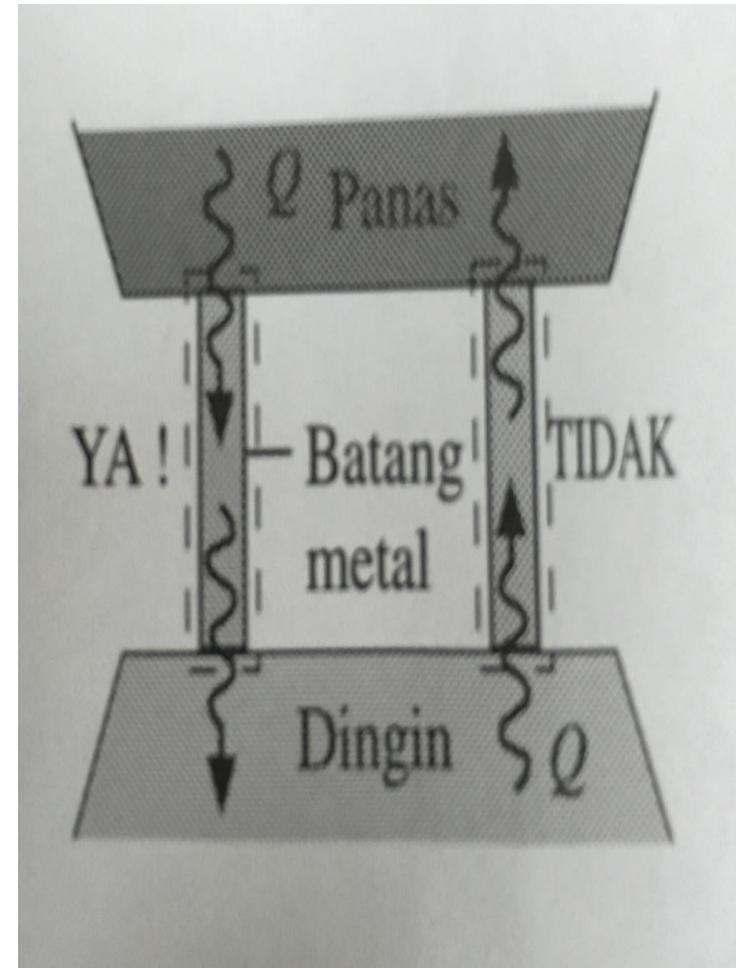
$$\beta = \frac{W_{siklus}}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

$$\gamma = \frac{Q_H}{W_{siklus}} = 1 - \frac{Q_H}{Q_C}$$

ENTROPI

Pernyataan Clausius

Perumusan Clausius: Tidak ada proses yang hasil akhirnya berupa pengambilan kalor dari reservoir kalor bersuhu rendah dan pembuangan kalor dalam jumlah yang sama kepada suatu reservoir yang bersuhu lebih tinggi.



KETIDAKSAMAAAN CLAUSIUS

Ketidaksamaan Clausius dapat diterapkan pada setiap siklus tanpa memperhatikan dari benda mana siklus tersebut mendapatkan energi atau ke mana siklus tersebut melepaskan energi melalui perpindahan kalor.

$$\oint \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b \leq 0$$

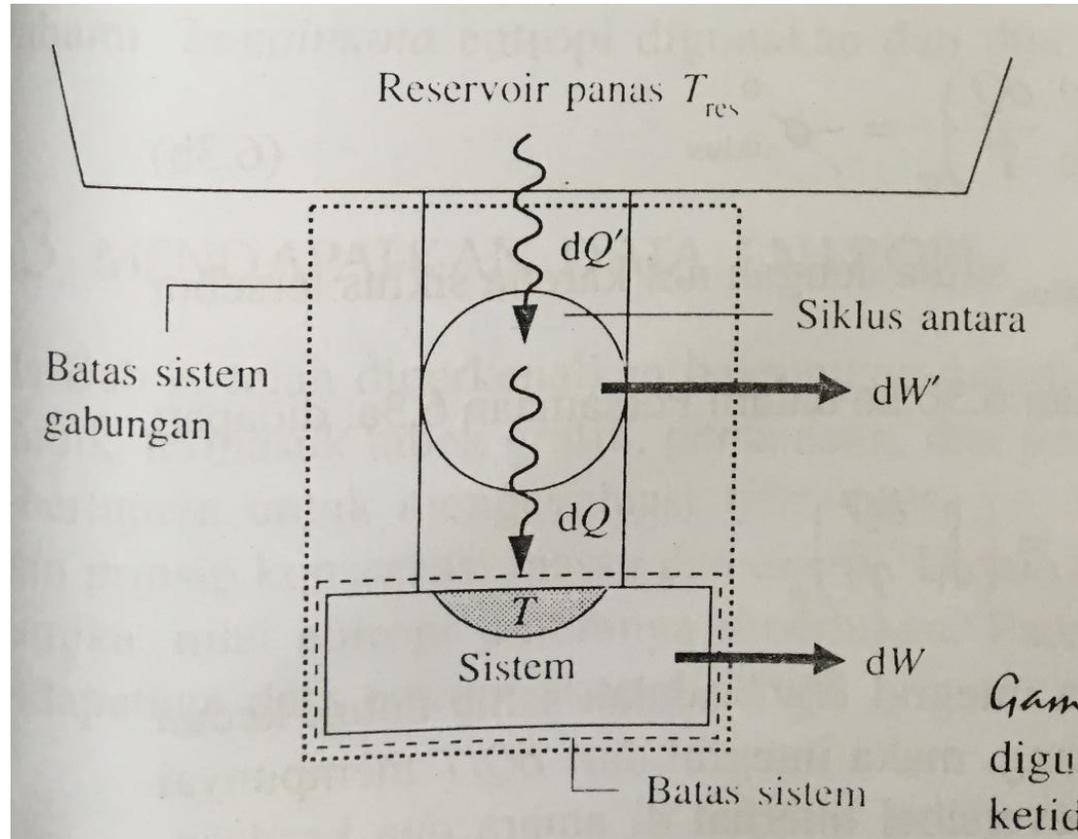
δQ mewakili perpindahan kalor pada batas sistem selama siklus berlangsung

T adalah temperatur absolut pada daerah batas sistem

Subskrip b menunjukkan bahwa integral dihitung pada daerah batas sistem yang mengalami siklus

\oint menunjukkan bahwa integral dilakukan pada semua bagian batas sistem dan siklus secara keseluruhan

PENGEMBANGAN KETIDAKSAMAAN CLAUSIUS



$$\frac{\delta Q'}{T_{res}} = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b$$

$$dE_C = \delta Q' - \delta W_C;$$

$$\delta W_C = \delta W + \delta W'$$

$$\delta W_C = T_{res} \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b - dE_C$$

$$W_C = \oint T_{res} \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b - \oint dE_C = T_{res} \oint \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b$$

$$\oint \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b = -\sigma_{siklus}$$

Gam
digu
ketid

PENGEMBANGAN KETIDAKSAMAAAN CLAUSIUS

$$\oint \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b = -\sigma_{siklus}$$

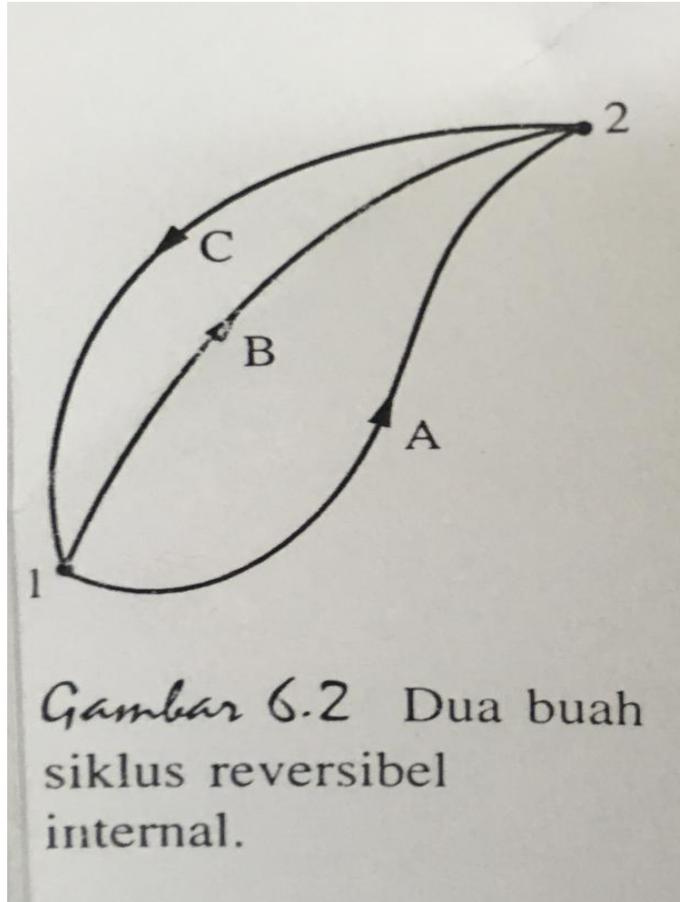
σ_{siklus} merupakan tingkat ketidaksamaan

$\sigma_{siklus} = 0$ (tidak ada ireversibilitas dalam sistem)

$\sigma_{siklus} > 0$ (timbulnya ireversibilitas dalam sistem)

$\sigma_{siklus} < 0$ (tidak mungkin)

PENGERTIAN PERUBAHAN ENTROPI



$$\left(\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \right)_A + \left(\int_2^1 \frac{\delta Q}{T} \right)_C = -\sigma_{siklus} = 0$$

$$\left(\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \right)_B + \left(\int_2^1 \frac{\delta Q}{T} \right)_C = -\sigma_{siklus} = 0$$

$$\left(\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \right)_A = \left(\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \right)_B$$

$$S_2 - S_1 = \left(\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{int rev}}$$

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{int rev}}$$

DATA ENTROPI UNTUK AIR DAN REFRIGERAN

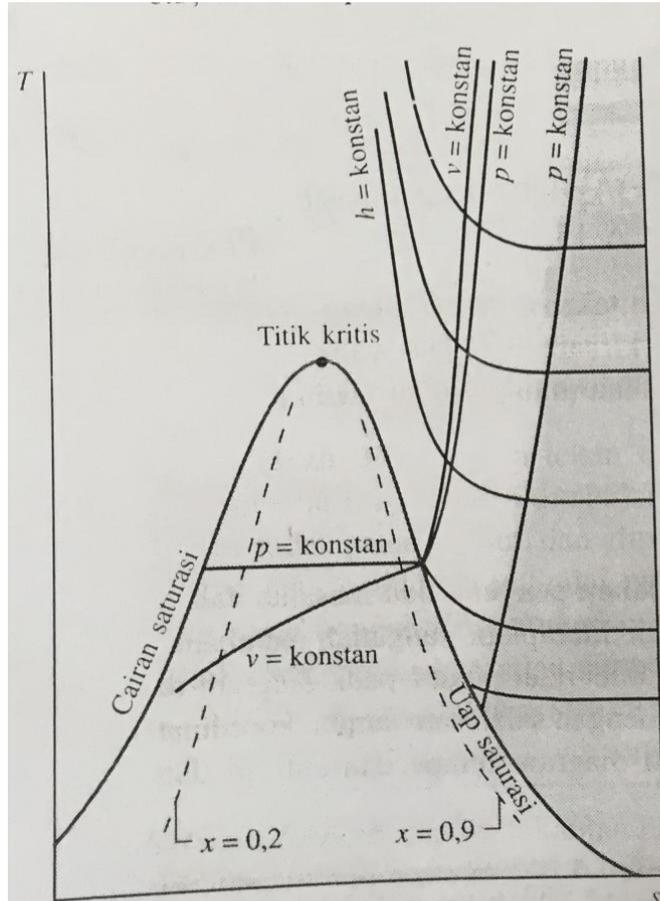
Data Keadaan Jenuh

$$s = (1 - x)s_f + xs_g = s_f + x(s_g - s_f)$$

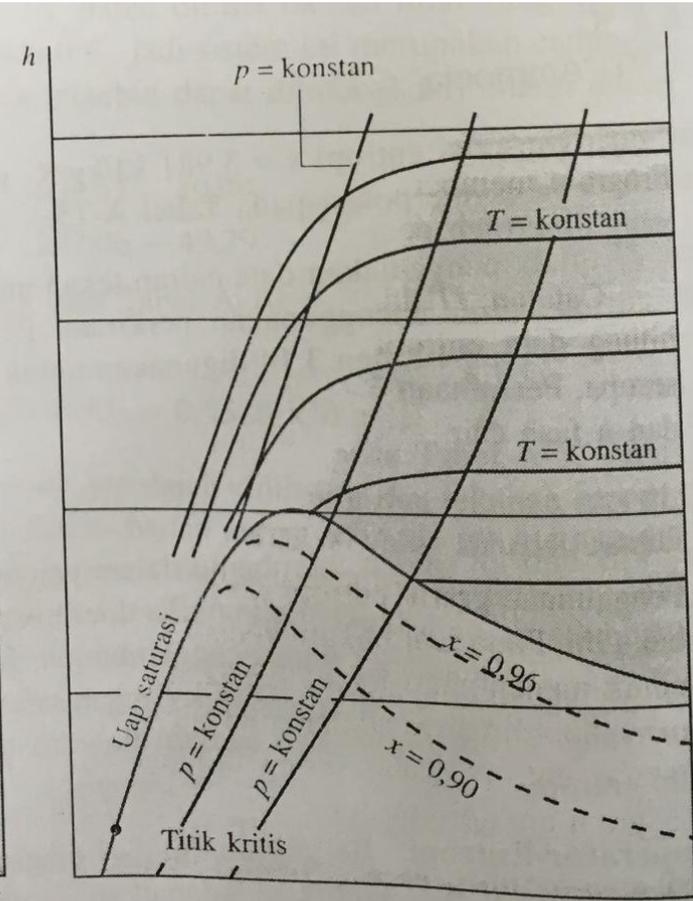
Data Cairan

$$s(T, p) \approx s_f(T)$$

PENGGUNAAN GRAFIK ENTROPI



Gambar 6.3 Diagram temperatur-entropi.



Gambar 6.4 Diagram entalpi-entropi.

PENGUNAAN PERSAMAAN T dS

Persamaan T dS memungkinkan perhitungan entropi dilakukan dengan data yang lebih banyak dan lengkap. Persamaan ini juga digunakan untuk mengevaluasi perubahan entropi pada gas ideal.

$$(\delta Q)_{\text{int rev}} = dU + (\delta W)_{\text{int rev}}$$

$$TdS = dU + pdV$$

Persamaan T dS pertama

$$dH = dU + d(pV)$$

$$dU + pdV = dH + Vdp$$

$$TdS = dH + Vdp$$

Persamaan T dS kedua

$$Tds = du + pdv$$

$$Tds = dh - vdp$$

Persamaan T dS kedua dalam basis massa

$$Td\bar{s} = d\bar{u} + p d\bar{v}$$

$$Td\bar{s} = d\bar{h} + \bar{v}dp$$

Persamaan T dS kedua dalam basis mol

PENGUNAAN PERSAMAAN T ds

Contoh penggunaan Tds dalam perubahan fase dari cairan jenuh ke uap jenuh pada temperatur dan tekanan konstan

$$Tds = dh - vdp \longrightarrow ds = \frac{dh}{T} \longrightarrow s_g - s_f = \frac{h_g - h_f}{T}$$

PERUBAHAN ENTROPI GAS IDEAL

$$ds = \frac{dh}{T} + \frac{p}{T} dv$$

$$ds = \frac{dh}{T} - \frac{v}{T} dp$$

Untuk Gas Ideal

$$du = c_v(T) dT$$

$$dh = c_p(T) dT$$

$$pv = RT$$

$$ds = c_v(T) \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v}$$

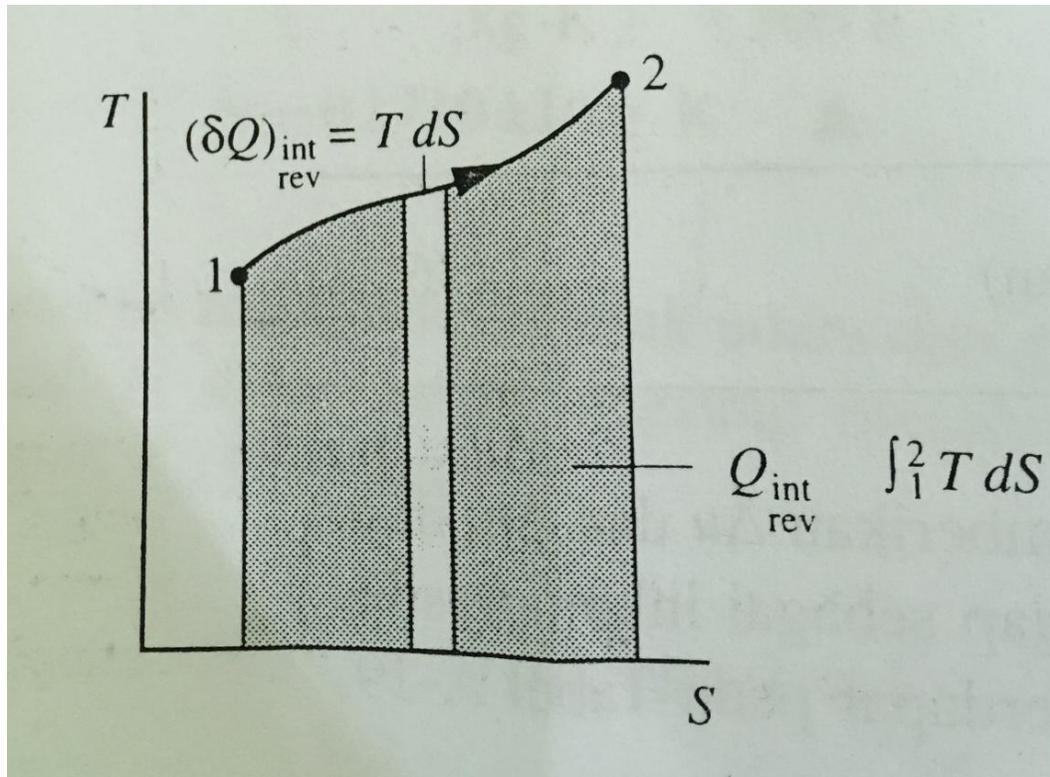
$$ds = c_p(T) \frac{dT}{T} - R \frac{dp}{p}$$

$$c_p(T) = c_v(T) + R$$

$$s_2 - s_1 = \int_{T_1}^{T_2} c_v(T) \frac{dT}{T} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$s_2 - s_1 = \int_{T_1}^{T_2} c_p(T) \frac{dT}{T} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

PERUBAHAN ENTROPI DALAM PROSES REVERSIBEL INTERNAL



$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{int rev}}$$

$$(\delta Q)_{\text{int rev}} = T dS$$

$$Q_{\text{int rev}} = \int_1^2 T dS$$

$$Q = \int_f^g T dS = m \int_f^g T dS$$

$$\frac{Q}{m} = T(s_g - s_f)$$